
Journal of Surgery
[Jurnalul de Chirurgie]

Editorial Open Access

Chirurgia digitală – a treia revoluție în chirurgie

E. Târcoveanu
Clinica 1 Chirurgie, Spitalul Clinic de Urgențe „Sf. Spiridon"
Universitatea de Medicina și Farmacie „Grigore T. Popa" Iași
Academia de Științe Medicale – filiala Iași

Chirurgia a evoluat constant în decursul istoriei, urmând îndeaproape progresele societății omenești. Putem vorbi de adevărate revoluții în chirurgie. În secolul al XIX-lea, dezvoltarea anesteziei generale și asepsia au permis chirurgilor să dezvolte în siguranță intervenții chirurgicale prin abord deschis, din ce în ce mai complexe.

Inovațiile din secolul al XX-lea prin apariția chirurgiei laparoscopice, a staplerelor au pus baza chirurgiei moderne constituind a doua revoluție în chirurgie [1]. Chirurgia timpului nostru a cunoscut o evoluție impresionantă datorită progreselor înregistrate în cercetarea fundamentală, în mijloacele de explorare, în genetică, imunologie, farmacologie și mai ales **în inteligența artificială (IA).** IA este „studiul calculelor care o fac posibilă capacitatea unei mașini de a percepe, raționa și acționa"[2].

În ultimii 20 de ani s-a înregistrat o creștere a interesului pentru **inteligența artificială** în medicină și chirurgie – o adevărată revoluție, care a generat multe așteptări prin facilitățile create privind achiziționarea, analiza și stocării unor cantității mari de informații pentru rezolvarea unor probleme clinice complexe [1]. Dezvoltarea programelor medicale de IA au in general ca scop formularea unui diagnostic, luarea deciziilor terapeutice și mai ales predicția rezultatelor. Instrumentele AI sunt concepute pentru a sprijini munca echipei medicale în îndatoririle ei zilnice, ajutând la îndeplinirea sarcinilor care se bazează pe analiza unor baze mari de date. S-a ajuns la acest progres uriaș prin alinierea a patru factori majori: 1**. Baze mari de date**; 2. **Creșterea puterii de calcul**; 3. **Algoritmi de învățare profundă,** care au creat inteligență și cognitiv uneori la niveluri care depășesc capacitățile umane, de la recunoașterea imaginii la prelucrarea digitală a limbajului și 4. **Investiții nemăsurate** [2]. Revoluția cognitivă pe care o promite **inteligența artificială** va putea suplea lipsa de medici cel puțin în domenii precum radiologia și anatomia patologică, dar nu va înlocui prea curând medicul mai ales în luarea deciziilor terapeutice.

Chirurgia digitală este una dintre cele mai mari inovații ale medicinei moderne [3]. Chirurgia digitală reprezintă utilizarea tehnologiilor avansate (integrarea inteligenței artificiale, a realității virtuale și augmentate, a roboticii, a simulări 3D și a monitorizării de la distanță) în practica chirurgicală pentru îmbunătățirea planificării preoperatorii, a performanței chirurgicale, a suportului terapeutic, a supravegherii postoperatorii și a instruirii chirurgicale, cu scopul de a ameliora rezultatele și de a reduce riscurile asociate intervențiilor chirurgicale. **Chirurgia digitală este deci aplicarea inteligenței artificiale către**

*Corresponding author:E. Târcoveanu, MD, PhD, Clinica 1 Chirurgie, Sp. Clinic de Urgențe „Sf. Spiridon", Str Independentei nr. 1, Iasi, 700111, e-mail: etarcov@yahoo.com
Received December 29, 2024; Accepted January 15, 2025; Published March 31, 2025
Citation: Târcoveanu E.: Chirurgia digitală – a treia revoluție în chirurgie. [Jurnalul de chirurgie]. 2025; 21(1): 1– 7. [Article in Romanian]. DOI:10.7438/JSURG.2025.01.01
Copyright: © 2025 Tarcoveanu E. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

vizualizarea și automatizarea computerizată în chirurgie.

Primele forme de digitalizare în chirurgie au apărut în perioada anilor 1990, odată cu introducerea sistemelor robotice și a navigației asistate imagistic. În ultimele două decenii, progresele în procesarea datelor, machine learning și imagistica 3D au transformat chirurgia într-o disciplină profund digitalizată. Sistemele moderne integrează deja date din dosarele medicale, imagistică în timp real și suport IA pentru decizii chirurgicale [4].

În 2000 era deja intrat în practica chirurgicală robotul Da Vinci, un telemanipulator care în mâinile chirurgului de consolă opera cu succes în spații limitate, permițând operatorului să vadă mai bine, să disece mai bine și să se sutureze mai bine. Cine și-ar fi închipuit în secolul nu demult încheiat, că un chirurg ar putea opera un pacient aflat la o mare distanță de el, de pe alt continent sau chiar pe o stație interplanetară – telechirurgie? În septembrie 2001, Prof. J. Marescaux a realizat pentru prima dată în lume o operație la distanță, în care de la consola unui robot Zeus, aflată la New York a practicat o colecistectomie ghidând robotul chirurgical afla la Strasbourg; operația a căpătat numele aviatorului Lindbergh, care a traversat oceanul Atlantic.

Chirurgia robotică a câștigat deja prezentul și va domina viitorul pătrunzând în neurochirurgie, chirurgia toracică, abdominală, ortopedică. Ea a creat legătura între chirurgia laparoscopia și cea digitală, - chirurgia viitorului. Combinând robotica și realitatea virtuală și folosind dezvoltarea IA, putem crede în operațiuni efectuate în întregime de mașini inteligente. Există deja preziceri că tehnologiile bazate pe IA vor egala sau depăși oamenii în chirurgie până în 2053 [5,6].

Sistemele chirurgicale asistate robotic permit astăzi: vedere 3D; ergonomie ridicată; creșterea dexterității și controlului intraoperator prin instrumente articulate ce oferă 7 grade de libertate; creșterea preciziei gestului chirurgical, prin mișcări intuitive, cu filtrarea tremorului, ceea ce permite realizarea unor gesturi de mare finețe in regiuni dificil de abordat laparoscopic sau clasic; nu întâmplător chirurgia asistata robotic s-a impus in realizarea by-passului aorto-coronarian, in efectuarea limfadenectomiilor din neoplaziile pelvine, precum cancerul de prostată (gold standard) și cancerul rectal.

La un pacient internat un cancer de colon consultul inițial va părea relativ similar cu cel clasic, dar va încorpora algoritmi Machine Learning. De exemplu, un algoritm va clasifica tumora la o precizie net superioară a TNM-ului de azi; în funcție de stadiu se va propune un tratament individualizat. În plus, valorile explorărilor complementare, inclusiv istoricul bolnavului, elementele vitale, valorile de laborator și imagistica se vor combina pentru a forma o evaluare cuprinzătoare a riscurilor. Inițial, evaluarea riscului va ajuta la determinarea posibilităților chirurgicale, pentru a optimiza pregătirea pacientul pentru operație. Sprijinul decizional intraoperator începe cu îndrumări simple, de a optimiza plasarea trocarelor laparoscopice și corelarea imagisticii preoperatorie (cum ar fi tumora și rapoartele majore ale vaselor) cu afișare intraoperatorie. Implementarea IA poate oferi un sistem simplu de semafor, cu un „Lumină verde" când disecția merge bine, a „Lumină galbenă" când chirurgul a deviat de la timpii dintr-o operație tipică și o „lumină roșie" când este pe cale să lezeze o structură vitală. Se începe cu automatizarea sarcinilor mici. Deja, robotul autonom (STAR) poate realiza liniar suturarea intestinului. În viitor, aceste pașii acestor sarcini autonome se vor combina până se va realiza o intervenție chirurgicală autonomă. Sprijinul decizional postoperator va include sisteme de avertizare timpurie pentru a semnala că pacientul poate avea o anumită complicație [6,7].

Chirurgia digitală, a 3-a revoluție în chirurgie va ajuta chirurgul să gestioneze problemele, să interpreteze mediu chirurgical complex, să eficientizeze echipa chirurgicală

pentru a îmbunătăți rezultatele. Chirurgia digitală va ajuta personalul să devină mai performant, să înțeleagă nevoile chirurgului și ale echipei operatorii, încât să ofere îngrijiri mai bune pacienților.

Chirurgia digitală este **utilizată** pe scară largă în:

- Neurochirurgie – pentru navigare și rezecție precisă;
- Ortopedie – planificarea implanturilor și chirurgie robotică;
- Chirurgie cardiovasculară – intervenții minim invazive ghidate digital;
- Chirurgia orofacială – reconstrucție facială cu modele 3D;
- Chirurgie oncologică – detecția și îndepărtarea marginilor tumorale;
- Chirurgie generală – laparoscopie asistată robotic (Da Vinci).

Avantajele chirurgiei digitale sunt:

- Precizie crescută și intervenții mai sigure;
- Reducerea complicațiilor și a durerii postoperatorii;
- Planificare personalizată cu simulări 3D;
- Monitorizare continuă a pacientului;
- Formare profesională avansată cu simulări realiste;
- Acces la expertiză multidisciplinară în timp real.

Posibilități de dezvoltare vizează:

- Inteligență artificială predictivă și decizională;
- Chirurgie semi-autonomă;
- Educație chirurgicală prin simulatoare;
- Telechirurgie 5G și intervenții de la distanță;
- Feedback haptic în simulări și chirurgie robotică.

Care sunt **obiectivele** chirurgiei digitale [7]:

-va îmbunătăți eficiența tratamentului chirurgical prin prisma rezultatelor, prin furnizarea de îngrijiri eficiente, mai accesibile unui număr mai mare de bolnavi din întreaga lume (globalizarea chirurgiei);

- prin valorificarea datelor, optimizarea celor mai bune practici, și perfecționarea chirurgilor se vor asigura îngrijiri de calitate, se va reduce variabilitatea rezultatelor, identificând factorii care influențează și îmbunătățesc rezultatele;

- va crea pârghia conectării IA la practica chirurgicală pentru a oferi experiențe îmbunătățite si rezultate mai bune pentru pacienți, chirurgi si sistemul de sănătate;

- va ajuta administrația să aibă o perspectivă clară asupra a ceea ce se întâmplă în sala de operații, pentru a ajusta resursele financiare; accesul la aceste informații, utilizarea lor mai eficientă va îmbunătăți comunicarea între toți membrii echipei, reducerea stresului;

- va ajuta la formarea tuturor participanților echipei chirurgicale cu privire la modul în care își pot îndeplini cel mai bine rolul și va oferi feedback eficient pentru îmbunătățire continuă;

- va ajuta direct pacienții, îngrijirea lor va fi de mai bună calitate și la un cost mai mic.

Stâlpii de susținere ai chirurgiei digitale sunt [7]:

- **robotica chirurgicală; s**istemele de roboți au arătat deja capacitatea de a îmbunătăți dexteritatea și de a crește pătrunderea tehnicilor minim invazive pentru operațiuni complexe. Viitoarele sisteme vor sprijini chirurgii executând sarcini de asistență și sarcini specifice, achiziționarea de imagini sau stabilirea unor limite virtuale;
- **instrumentarul chirurgical avansat**, componentă cheie permite standardizarea multor proceduri, permițând un transfer mai ușor de cunoștințe între chirurgi. Noile instrumentele nu vor include numai funcții avansate de energie, sutură sau agrafare, dar și o varietate de senzori pentru a analiza și optimiza interacțiuni cu diverse țesuturi;
- **vizualizare îmbunătățită;** succesul oricărei intervenții chirurgicale depinde de vizualizare clară a structurilor anatomice. Aceasta necesită combinația dintre metodele clasice, tehnici noi

de imagistică și algoritmi de învățare de IA pentru a îmbunătăți ceea ce chirurgul percepe intra operator. O platforma modernă de chirurgie digitală trebuie să fie capabilă să se conecteze și să încorporeze altele surse de imagistică pentru a realiza fuziunea perfectă a imaginii. Tehnici de imagistică, cum ar fi imagistica intra operatorie SPECT poate ghida chirurgul spre structuri profunde, inaccesibile, ținte anatomice care necesită o abordare complexă, în timp ce algoritmii de învățare automată pot extrage informații din imagistică și alte seturi de date;

- **conectivitatea** este esențială, deoarece sistemele și dispozitivele din SO și spital trebuie să fie interconectate pentru a putea comunica cu un platformă centrală, înregistrând toate evenimentele și datele. Odată ce ele sunt colectate, informațiile în timp real pot fi extrase și studiate. Conectivitatea va permite construirea unei platforme virtuale de date ce permite dezvoltarea unui întreg ecosistem.

- **analiza datelor** va transforma datele în statistici din care pot fi extrase informații furnizate chirurgilor, personalului, și pacienților.

Pentru chirurgia digitală, acesta este o construcție complexă și dificil de creat. Variabilitatea pacienților, a anatomiei, a tehnicilor chirurgicale complexe nu pot fi abordate ca o entitate singulară. Având în vedere că în prezent spațiul de stocare a fost limitat, formatarea datelor pentru epoca chirurgiei digitale oferă o oportunitate semnificativă, o provocare, ca amploare de date care ar putea fi capturate. Aceste informații nu se va limita la datele din sala de operații, ci vor fi înglobate datele preoperatorii și postoperatorii. Prin această integrare, se vor diminua costurile și rezultatelor sunt îmbunătățite. Aceste date pot fi folosite pentru a itera în mod continuu îmbunătățirea îngrijirii pacienților [7].

În chirurgie digitală IA a servit mai ales pentru a spori, mai degrabă decât pentru suplini, elementul uman. IA se găsește în toate fazele intervenției chirurgicale, de la diagnosticul preoperator, la evaluarea riscurilor intraoperatorii, la ghidajul intraoperator și la predicția complicațiilor postoperator. Se vorbește de un cerc virtuos:

Preoperator, chirurgul are acces la datele ce redau imaginea bolii, identifică anatomia, zonele de precauție (organul țintă, extensia tumorală), anatomia critică, stabilește virtual timpii operatori, având acces la bune practici verificate. Acest lucru permite pregătirea tuturor membrilor echipei implicate în îngrijirea pacientului și chiar antrenamentul pre operator.

Intraoperator, datele pot fi folosite pentru a îndruma echipa în timp real pentru a înțelege ce instrumente sunt necesare, ce anatomie critică este expusă, timpii operatori, progresele pentru a finaliza intervenția chirurgicală. Se poate mentoriza în timp real în SO, oferind îndrumări optime și se vor evita capcanele. Introperator, dispozitive de realitate augmentată prelucrare RMN preoperator , afișajul și viziunea chirurgului cu suprapunere ajută la desfășurarea intervenției pas cu pas. Configurarea cazului bazată pe IA va fi elimina timpii morți, permițând platformei robotice și chirurgului de la consolă să programeze sarcinilor echipei, simplificând operația. Cu un flux de lucru operativ eficient, timpii critici se desfășoară fără emoții. Chirurgia digitală oferă nu doar dexteritatea unui sistem robotizat, dar și sprijin decizional pentru chirurgi, pentru îngrijirea optimă a pacienților.

Postoperator pot fi identificate informații relevante clinic, care să ofere îndrumări în îngrijirea postoperatorie. Raportul postoperator complet poate fi folosit pentru a optimiza deciziile luate sala de operație. Aceste date îi informează apoi pe rezidenți, furnizând feedback constructiv și îndrumări specifice și pot instrui direct sau prin simulare permițând chirurgilor să analizeze situații clinice complexe și diverse scenarii fără a expune pacienții la risc. Platforma digitală permite chirurgilor să învețe din erorile altora, astfel încât incidentele, accidentele să fie limitate. Platforma va ajuta la

standardizare practicii chirurgicale și la educația rezidenților.

Progresele în puterea de calcul, aproape nelimitată, capacitatea de stocare a datelor și robotica duc la o revoluție în chirurgie care încearcă să se aplice succesele Big Data și reproductibilitatea ingineriei moderne la subiectivitatea chirurgului. Aceasta presupune catalogarea evenimente chirurgicale, aparent evidente pentru un utilizator. Scopul este ca un computer să recunoască și descrie scene chirurgicale. Prin agregarea de mii de proceduri, în cele din urmă vom fi capabili să descoperim tendințele și evenimentele pe care clinicienii nu sunt capabili să le recunoască singuri. Această catalogare în masă a datelor necesită o serie de instrumente noi pentru a filtra informațiile colectate și maximiza eficiența.

Cel mai utilizate **instrumente ale IA** care sunt folosite în chirurgie sunt: învățarea automată, rețele neuronale, viziune computerizată, sisteme expert fuzzy, calculul evolutiv și sisteme inteligente hibride. Ele permit dezvoltarea de modele statistice complexe care să recunoască și să clasifice automat evenimente și caracteristici specifice unei proceduri chirurgicale bazat pe o varietate de senzori, cum ar fi video, audio, imagistică, codificatoare, semne vitale etc. Există dovezi convingătoare că IA medicală poate juca un rol vital în asistarea clinicianului pentru a oferi asistență medicală eficient în secolul 21. Nu există nicio îndoială că aceste tehnici vor servi la îmbunătățirea practicii chirurgicale în viitor.

Ca să recunoască în mod autonom evenimentele și caracteristicile intraoperatorii este necesar un limbaj obiectiv pentru a descrie intervenția chirurgicală. Calculatoarele trebuie să fie capabile să descrie care este sarcina de realizat, anatomia țintă, ce instrumente sunt utilizate, cum se execută intervenția și de ce se efectuează. Aceste soluții pot descompune automat o operație și pot furniza un feedback automat și specific către chirurg. În sala de operație, majoritatea soluțiilor rămân în curs de cercetare și dezvoltare, fiind dependente de analiza unor seturi mari de date. Sunt necesare investițiile semnificative pentru infrastructura salii de operație pentru a găzdui, stoca și analiza date într-un cadru sigur. Este important să susținem inovația oferind acces cercetătorilor și clinicienilor la instrumentele de bază pentru accelerarea dezvoltarea algoritmilor și să se ofere un mijloc de a scala tehnologiile care promit beneficii.

Putem să ne închipuim o zi din viața unui chirurg digital [7]: el sau ea utilizează un dispozitiv mobil pentru a accesa un portal clinic în care apare o listă cu programul operator. Detalii despre instrumentele necesare și recomandate sunt disponibile instantaneu și sunt partajate cu personalul sălii de operație pentru a evita întârzierile. Prin portal, chirurgul poate accesa direct un ecosistem de cunoaștere. Folosind algoritmi extensivi de învățare automată este furnizat un feedback detaliat cu privire la performanță în cazurile anterior operate. Mai mult, sunt prezentate informații pentru a evidenția procedura și timpii chirurgicali critici, cu impact asupra rezultatului. Aceste informații pot fi partajate cu asistenți, rezidenți sau alți membri ai echipei. În cazul cazurilor complexe, dificile, chirurgul digital poate să dialogheze direct cu colegii experimentați prin what up și ar putea invita un mentor de la distanță să participe practic la operație – telementoring. Mentoratul Digital oferă prin următoarea generație a platformei transferarea cunoștințelor chirurgicale de la un expert la un practician și va oferi feedback direcționat care permite chirurgilor să evolueze pentru a obține cele mai bune rezultate pentru pacient. În plus, toți membrii echipei operatorii au ocazia de o formare captivantă folosind realitatea virtuală augmentată. Instruirea este personalizată. Înainte de a intra în sala de operații, noii rezidenți sunt instruiți prin intermediul acestei platforme [6]. Dar să nu uităm că bolnavul este un om și nu o cifră, că trebuie mai întâi examinat clinic, încurajat și să i se explice de către un doctor nu

de o mașină ce presupune agresiunea chirurgicală, pentru că dacă pierdem empatia am pierdut totul.

În chirurgia digitală, controlul avansat extinde dexteritatea mâinii umane și va valorifica întreaga gamă de mișcare a instrumentelor robotizate. Mai mult, un chirurg va avea opțiunea de a permite sistemului computerizat să controleze instrumente, asigurându-se că structurile critice sunt evitate, că o margine de securitate oncologică este respectată sau chiar poate permite sistemului să efectueze sarcini pe cont propriu. Aceste tehnologii în combinație cu cunoștințele acumulate în creștere vor permite chirurgului să aibă acces la un ecosistem global de cunoaștere cu bogăția de cunoștințe pe care o va presupune. În timpul pașilor operatorii critici, platforma de chirurgie digitală va oferi tehnologii imagistice care pot fi accesate în timp real oferind informații relevante pentru identificarea structurii critice. Acestea includ imaginile digitale preoperatorii și imagistică optică hiperspectrală, ecografie intraoperatorie îmbunătățită, imagistică cu caracterizarea și vizualizarea a țesuturilor. Aceasta informație poate fi suprapusă și integrată în vizualizarea structurilor anatomice crescând precizia chirurgului.

Valorile postoperatorii generate vor permite chirurgului să avanseze în competența de îngrijire a bolnavului. Aceste informații pot fi distribuite colegilor și experților pentru a crește și a învăța din chirurgia globală, oferind un limbaj comun pentru partajarea informațiilor între chirurgi ceea ce va duce la standardizare a procedurilor chirurgicale eficiente, obținând tehnici de cea mai înaltă calitate. Aceste analize pot fi direcționate către rezidenți, ca ei să înțeleagă pașii cu cel mai mare randament în propria lor dezvoltare.

Ce pași ar trebui făcuți pentru a dezvolta chirurgia digitală [7]. :

-Stabilirea unei infrastructuri de colectare a datelor semnificative despre pacienți și proceduri, pentru a informa precis echipa chirurgicală;

-Construirea și accesul la un ecosistem global de cunoștințe chirurgicale;

- Construirea instrumentelor pentru a filtra și elimina date irelevante din sistem;

- Acordarea accesului la informații și cunoștințe, privind rezultate reproductibile și consistente pentru toată comunitatea chirurgicală;

- Generarea sistematică de date obiective pt. a îmbunătăți eficiența rezultatele;.

- Construirea unei platforme virtuale capabile să se integreze multitudinea de sisteme chirurgicale și instrumente robotizate utilizate în mod obișnuit astăzi. Este ineficient ca fiecare componentă să existe separat, deconectat de la celelalte date fluxuri în sala de operație și în setările spitalului. Scopul este de a integra aceste date fluxuri, și ele să fie prezentate cu discernământ practicienilor și administratorilor. Datele cu randament ridicat cu o mare oportunitate de a îmbunătăți rezultatele vor fi stocate.

- Stabilirea unei infrastructuri care să permită integrarea perfectă a roboticii, IA, instrumentarului avansat, modalitățile de formare avansată, programele educaționale vor permite dezvoltarea rapidă a inovării și a progresului chirurgical.

În acest mod, chirurgia digitală va oferi îngrijiri chirurgicale avansate și sigure în continuă îmbunătățire [8]. În viitor, AI va avea performanțe mai bune decât un om în procesul de diagnostic; optimiștii cred că AI nu va înlocui medicul, dar va ajuta. Pe măsură ce sarcinile repetitive sunt automatizate, oamenii vor putea să se concentreze pe sarcinile care sunt specific umane: construirea relațiilor, exercitarea empatiei și folosirea judecății umane pentru a ghida și sfătui. Poate rolul cel mai important al AI este in pregătirea chirurgicală [9,10,11].

În concluzie

Chirurgia digitală este cheia ce deblochează ușă metaforică către accesul chirurgical, creând astfel un cadru global pentru instruire chirurgicală, educație, planificare.

Chirurgia digitală nu este ultimul pas în evoluție, ci doar următorul: o piatră de încercare pentru chirurgia centrată pe computer și noua eră a chirurgiei automatizate, învățare robotică, medii augmentate.

În paralel, chirurgia digitală va valorifica puterea și conectivitatea IA, resursă semnificativă pentru chirurgi în următorul deceniu – în special prin învățare automată, atât la nivel regional, cât și global.

Chirurgia digitală redefinește practica medicală și oferă soluții inovatoare pentru îmbunătățirea îngrijirii pacientului. Deși provocările legate de etică, securitate și accesibilitate rămân, perspectivele sunt promițătoare. Adoptarea acestor tehnologii în mod responsabil poate marca o nouă eră în chirurgie.

Declarația de conflict de interese

Autorul declară că nu se află în conflict de interese financiare sau non financiare pentru datele și informațiile prezentate în articol.

Bibliografie

1. Tilney NL. Invasion of the body: revolutions in surgery. Cambridge: Harvard University Press; 2011.
2. Ward, T.M., Meireles, O. The Cognitive Revolution. In: Atallah, S. (eds) Digital Surgery. Springer, 2021.Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49100-0_1
3. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med. 2019;25(1):44. https://doi.org/10.1038/ s41591-018-0300-7.
4. Byrd Th., Tignanelli Chr. Artificial intelligence in surgery - a narrative review. Journal of Medical Artificial Intelligence. 2024, Vol 7 (September 30). pp 1 – 13. doi: 10.21037/jmai-24
5. Varghese, C., Harrison, E.M., O'Grady, G. et al. Artificial intelligence in surgery. Nat Med 2024, 30, 1257–1268 https://doi.org/10.1038/s41591-024-02970-3
6. Müller-Stich BP, Reiter MA, Wente MN. Robotic surgery - hype or hope? Langenbecks Arch Surg. 2021;406(3):647-654.
7. Bernhard Fuerst, Danyal M. Fer, David Herrmann,, Pablo Garcia Kilroy. The Vision of Digital Surgery. In Atallah, S. (eds) Digital Surgery. Springer,2021
8. Bates, D.W., Levine, D., Syrowatka, A. et al. The potential of artificial intelligence to improve patient safety: a scoping review. npj Digit. Med. 2021, 4, 54
9. Moldovanu R, Târcoveanu E, Dimofte G, Lupaşcu C, Bradea. Preoperative warm-up using a virtual reality simulator. JSLS. 2011 Oct-Dec;15(4):533-8.
10. Khan R, Plahouras J, Johnston BC, Scaffidi MA, Grover SC. Virtual reality simulation training in laparoscopic surgery: a systematic review and meta-analysis. Ann Surg. 2019;269(3):451-460.
11. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Artificial intelligence in surgery: promises and perils. Ann Surg. 2018;268(1):70-76.
12. Târcoveanu E. Surgery and the surgeon today. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi. 1995 Jan-Jun; 99(1-2):11-14.